

This Page Is Inserted by IFW Operations  
and is not a part of the Official Record

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning documents *will not* correct images,  
please do not report the images to the  
Image Problem Mailbox.**

**①9 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND**



**DEUTSCHES  
PATENTAMT**

**Offenlegungsschrift**  
**DE 40 07 123 A 1**

**(51)** Int. Cl.<sup>5</sup>:  
**H 01 J 37/32**  
C 23 C 8/36  
B 65 D 81/38  
H 05 B 7/02  
// H01T 19/00

**DE 40 07 123 A1**

**21** Aktenzeichen: P 40 07 123.5  
**22** Anmeldetag: 7. 3. 90  
**43** Offenlegungstag: 12. 9. 91

⑦ Anmelder: Strämke, Siegfried, Dipl.-Ing. Dr., 5135 Selfkant, DE

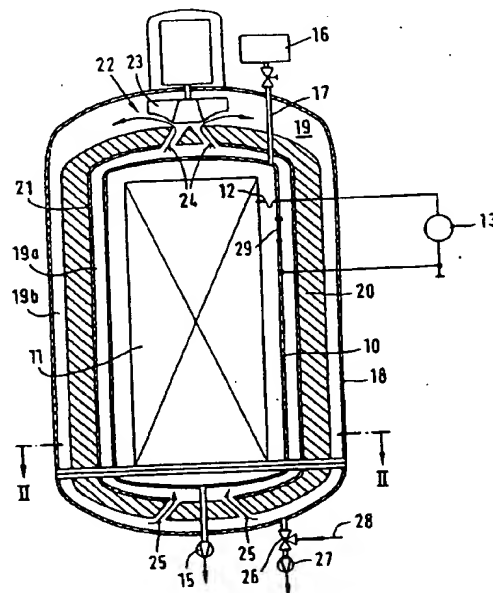
**(74) Vertreter:**  
von Kreisler, A., Dipl.-Chem.; Selting, G., Dipl.-Ing.;  
Werner, H., Dipl.-Chem. Dr.rer.nat.; Schönwald, K.,  
Dr.-Ing.; Fues, J., Dipl.-Chem. Dr.rer.nat.; Böckmann  
gen. Dallmeyer, G., Dipl.-Ing.; Hilleringmann, J.,  
Dipl.-Ing.; Jönsson, H., Dipl.-Chem. Dr.rer.nat.,  
Pat.-Anwälte, 5000 Köln

⑦2 Erfinder:  
gleich Anmelder

**Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt**

**(54) Plasma-Behandlungsvorrichtung**

(57) Die Plasma-Behandlungsvorrichtung weist einen vakuumfesten ersten Behälter (10) auf, in dem die zu behandelnden Werkstücke (11) angeordnet werden und einen den ersten Behälter (10) umgebenden druckfesten zweiten Behälter (18). Der Zwischenraum zwischen beiden Behältern (10, 18) ist durch eine Saugvorrichtung (27) evakuierbar. Wenn im inneren Behälter (10) mit hohen Temperaturen gearbeitet wird, wird der Zwischenraum (19) evakuiert, wodurch der innere Behälter (10) druckentlastet wird, während der druckaufnehmende äußere Behälter (18) kalt gehalten wird. Bei niedrigen Betriebstemperaturen wird im Zwischenraum (19) ein Gas in Konvektionsströmung gehalten, so daß Wärme von dem inneren Behälter (10) auf den äußeren Behälter (18) übertragen wird. In diesem Fall übernimmt der innere Behälter (10) die Druckbelastung.



## Beschreibung

Die Erfindung betrifft eine Plasma-Behandlungsvorrichtung der im Oberbegriff des Patentanspruchs 1 angegebenen Art.

Plasma-Behandlungsvorrichtungen werden für die Oberflächenbehandlung von Werkstücken benutzt, um Fremdatome in die Werkstückoberfläche einzubringen, beispielsweise zum Zwecke der Härtung und der Verschleißminderung oder der Beschichtung. Dabei wird unter Vakuum eine Glimmentladung zwischen dem Werkstück und einer Gegenelektrode durchgeführt, während sich in dem Behälter ein Behandlungsgas unter einem geringen Druck in der Größenordnung von wenigen mbar befindet. Aus dem bei der Glimmentladung im Behandlungsgas entstehenden Plasma diffundieren Gasatome in die oberflächenschicht des Werkstücks ein.

Bei der thermochemischen Oberflächenbehandlung, z. B. beim Plasmaaufkohlen, muß die dem Werkstück durch die Vorgänge an der Oberfläche zugeführte Energie durch Wärmeübertragungsmechanismen auf einem bestimmten Niveau gehalten werden. Dies bedeutet, daß eine bestimmte Behandlungstemperatur, die sich nach der Art des jeweiligen Verfahrens richtet, eingehalten werden muß. Hierzu kann es erforderlich sein, Wärme durch die Gefäßwand hindurch abzuführen.

Eine Plasma-Behandlungsvorrichtung der im Oberbegriff des Patentanspruchs 1 angegebenen Art ist bekannt aus DE 33 22 341 A1. Hierbei wird das Werkstück in einen vakuumfesten Behälter eingebracht und zwischen der Behälterwand und dem Werkstück werden gepulste Glimmentladungen erzeugt. Je nach durchgeführtem Prozeß können die Energiedichten dabei von einigen Mikrowatt bis hin zu mehreren Watt pro Quadratcentimeter variieren.

Deshalb wurden Plasmawärmebehandlungsanlagen bisher nur für einen Prozeß bzw. sogar nur für eine bestimmte Werkstückoberfläche ausgelegt. Dazu wurde der Behälter mit einem Wasserkühlmantel versehen und innen thermisch isoliert. Wird ein solcher Behälter z. B. für eine bestimmte Werkstückoberfläche bis 1000°C ausgelegt, so ist seine Isolierung bei 500°C viel zu hoch. Bei geringer Werkstückoberfläche ist der Behälter weder bei 500°C noch bei 1000°C zu verwenden, da die durch das Plasma eingebrachte Energie zum Aufheizen des Behälters nicht ausreicht, d. h. eine zusätzliche Heizung installiert werden muß. Die einfache Lösung, einen Behälter aus hochwertigem Material (z. B. Inconel) zu verwenden und diesen nach Bedarf von außen zu kühlen, ist oberhalb ca. 800°C wegen mangelnder Festigkeit des Materials nicht mehr möglich. Die Lösung, einen wassergekühlten Außenbehälter zu verwenden, eine schlechte Isolierung einzubauen und die Verluste durch eine zusätzliche Heizung zu kompensieren, ist zwar möglich, kostet jedoch erheblich Energie.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Plasma-Behandlungsvorrichtung der im Oberbegriff des Patentanspruchs 1 angegebenen Art zu schaffen, die bei hohen Behandlungstemperaturen ohne aufwendiges Kühlsystem auskommt und die erforderlichenfalls auch für Prozesse mit niedrigen Betriebstemperaturen benutzt werden kann.

Die Lösung dieser Aufgabe erfolgt erfindungsgemäß mit den im kennzeichnenden Teil des Patentanspruchs 1 angegebenen Merkmalen.

Die erfindungsgemäße Behandlungsvorrichtung weist zwei ineinander angeordnete Behälter auf, von

denen jeder vakuumfest ausgebildet ist. Wenn im Behandlungsraum, d. h. im Inneren des ersten Behälters, mit relativ hohen Behandlungstemperaturen von z. B. 800 – 1300°C gearbeitet wird, wird der Zwischenraum zwischen beiden Behältern evakuiert, so daß Vakuum nicht nur im inneren, sondern auch im äußeren Behälter vorhanden ist. Durch das Vakuum im Zwischenraum wird einerseits eine gute thermische Isolierung zwischen dem Behandlungsraum und der Umgebung der Behandlungsvorrichtung erreicht, und andererseits wird der innere Behälter von wesentlichen Druckbeanspruchungen freigehalten, so daß er im belastungsfreien Zustand den hohen Temperaturen standhalten kann. Von Vorteil ist ferner die durch die Vakuum-Isolierung im Zwischenraum hervorgerufene gute thermische Kapselung des Behandlungsraums, so daß nur wenig Wärme abgeführt wird und der gesamte Prozeß mit relativ geringem Energiebedarf abläuft.

Wenn mit der Behandlungsvorrichtung ein Prozeß mit relativ niedriger Behandlungstemperatur, z. B. weniger als 800°C, durchgeführt wird, kann in den Zwischenraum Luft oder ein anderes Gas eingeführt werden. In diesem Fall übernimmt der innere Behälter die Vakuumabdichtung. Bei den niedrigen Temperaturen hält das Behältermaterial einer solchen Druckbeanspruchung stand. Sofern zur Wärmeabfuhr eine Kühlung erforderlich ist, kann eine Konvektionsströmung an der Wand des inneren Behälters entlanggeführt werden, die dann die Wärme an die Wand des äußeren Behälters abgibt. Zusätzlich oder alternativ kann eine Strahlungsisolierung aus strahlungsreflektierenden Lamellen in dem Zwischenraum vorgesehen sein. In jedem Fall kann die Intensität der Kühlung durch die Geschwindigkeit der Konvektionsströmung oder durch Verstellung der Lamellen entsprechend den Prozeßanforderungen verändert werden. Es ist auch das Durchblasen von Umgebungsluft möglich, die über Ventile an dem Innenbehälter vorbeigeleitet und über weitere Ventile aus dem System entfernt wird.

Selbstverständlich muß die Wärme von dem Außenbehälter durch eine geeignete Einrichtung abgeführt werden (z. B. Kühlgebläse).

Im folgenden wird unter Bezugnahme auf die Zeichnungen ein Ausführungsbeispiel der Erfindung näher erläutert.

Es zeigen:

Fig. 1 einen schematischen Vertikalschnitt der Plasma-Behandlungsvorrichtung,

Fig. 2 einen Horizontalschnitt entlang der Linie II-II von Fig. 1 und

Fig. 3a und 3b eine schematische Darstellung unterschiedlicher Zustände einer aus Lamellen bestehenden Strahlungsisolierung.

Die Plasma-Behandlungsvorrichtung weist einen vakuumfesten inneren Behälter 10 aus hitzebeständigem Metall auf, der vollständig geschlossen ist und in den das zu behandelnde Werkstück 11 eingebracht wird. Der Behälter 10 kann beispielsweise eine Platte enthalten, auf die das Werkstück gestellt wird, oder eine Aufhängevorrichtung, an der es aufgehängt wird. Durch die Wand des vollständig gekapselten Behälters 10 ist die Leitung einer Elektrode 12 hindurchgeführt. Als Gegenelektrode wirkt die Wand des Behälters 10. Diese Wand ist mit dem einen Pol einer Spannungsquelle 13 verbunden, während das Werkstück über die Elektrode 12 mit dem anderen Pol der Spannungsquelle 13 verbunden ist.

Der Behälter 10 ist mit einer Vakuumpumpe 15 verbunden, die das im Behälter befindliche Gas absaugt. In

den Behälter 10 führt eine von einer Gasquelle 16 kommende Leitung 17 hinein, durch welche dem Behälter das Behandlungsgas, z. B. Wasserstoff, Stickstoff, Methan oder Argon, in dosierter Form zugeführt wird. Der Druck des Behandlungsgases im Behälter 10 beträgt nur wenige mbar.

Die bisher beschriebene Vorrichtung ist grundsätzlich für die Plasmabehandlung des Werkstücks geeignet. Durch die Potentialdifferenz zwischen Werkstück und Behälterwand wird um das Werkstück herum eine Glimmentladung erzeugt, wodurch das Behandlungsgas in den Plasmazustand überführt wird. Atome des Behandlungsgases diffundieren dabei in die Werkstückoberfläche ein.

Der Behälter 10 ist allseitig von dem äußeren Behälter 18 umschlossen, der ebenfalls vakuumfest ausgebildet ist und die gleichen physikalischen Voraussetzungen erfüllt wie der innere Behälter 10. Zwischen beiden Behältern befindet sich der Zwischenraum 19, der den Behälter 10 allseitig umgibt, d. h. daß kein Berührungskontakt zwischen den beiden Behältern besteht.

In dem Zwischenraum 19 ist eine wärmedämmende Isolierung 20 untergebracht, die einen Mantel bildet, welcher den inneren Behälter 10 allseitig umschließt. Dieser Mantel hat einen Abstand sowohl zum inneren Behälter 10 als auch zum äußeren Behälter 18, so daß zwischen Isolierung 20 und innerem Behälter 10 ein Raum 19a und zwischen Isolierung 20 und äußerem Behälter 18 ein Raum 19b gebildet wird. An der Innenseite der Isolierung 20 ist eine Strahlungs-Heizvorrichtung 21, die beispielsweise aus Heizdrähten besteht, angebracht.

Außer der wärmedämmenden Isolierung 20 ist für die Konvektionsisolierung eine Umwälzeinrichtung 22 vorgesehen. Zu dieser Konvektionsisolierung gehört ein Gebläse 23, das durch Kanäle 24 der Isolierung 20 hindurch Gas aus dem inneren Raum 19a ansaugt und in den äußeren Raum 19b treibt. An dem dem Gebläse 23 abgewandten Ende sind weitere Kanäle 25 in der Isolierung 20 vorgesehen. Durch diese Kanäle 25 wird das Gas von dem äußeren Raum 19b in den inneren Raum 19a zurückgeführt. Im inneren Raum 19a strömt das Gas an der Wand des Innenbehälters 10 entlang, um diese Behälterwand zu kühlen. Das Gas gelangt dann durch die Kanäle 24 hindurch in den äußeren Raum 19b, wo es die Wärme an die Wand des äußeren Behälters 18 abgibt. Auf diese Weise erfolgt durch Konvektion ein Wärmetransport vom inneren Behälter 10 zum Außenbehälter 18.

An den Zwischenraum 19 ist über ein Dreiwege-Ventil 26 entweder eine Absaugvorrichtung 27 in Form einer Vakuumpumpe oder eine Luft-Einlaßleitung 28 anschließbar.

Wenn die Plasmabehandlung des Werkstücks 11 bei niedriger Temperatur stattfinden soll, wird in den Zwischenraum 19 durch den Lufteinlaß 28 hindurch Luft oder ein anderes Gas eingelassen, so daß in dem Zwischenraum atmosphärische Bedingungen herrschen. Zur Kühlung des inneren Behälters 10 wird die Umwälzeinrichtung 22 betätigt, die in der beschriebenen Weise Wärme vom inneren Behälter 10 durch Konvektion auf den äußeren Behälter 18 überträgt. Bei dieser Betriebsart wirkt der äußere Behälter 18 lediglich als Wärmetauscher mit der Umgebung. Eine druckresistente Funktion hat der Behälter 18 hierbei nicht.

Wenn im Behandlungsraum mit hohen Temperaturen gearbeitet wird, wird der Zwischenraum 19 durch die Absaugvorrichtung 27 über das Ventil 26 evakuiert. Im

Behandlungsraum und im Zwischenraum 19 herrscht dann im wesentlichen gleicher Druck, so daß der äußere Behälter 18 die druckaufnehmende Funktion hat, während der innere Behälter 10 ganz oder teilweise druckentlastet ist. Im entlasteten Zustand kann der innere Behälter den hohen Temperaturen standhalten. Durch Einschalten der Heizvorrichtung 21 kann von außen her zusätzlich Wärme auf den inneren Behälter übertragen werden. Das Vakuum im Zwischenraum 19 bewirkt eine Wärmeisolierung des inneren Behälters gegen den äußeren Behälter.

Die Absaugvorrichtung 27 kann eingespart werden, wenn an dem inneren Behälter 10 eine verschließbare Öffnung 29 vorgesehen ist, die bei Hochtemperatur-Betrieb geöffnet wird. Die Vakuumerzeugung im Zwischenraum 19 wird dann durch die Vakuumpumpe 15 vorgenommen.

Bei der Verwendung einer separaten Saugvorrichtung 27 für den Zwischenraum 19 ergibt sich der Vorteil, daß der Druck im Zwischenraum 19 unabhängig von dem Druck im Behälter 10 eingestellt und geregelt werden kann. Es ist daher auch möglich, bei Hochtemperatur-Betrieb eine Druckverteilung auf beide Behälter 10 und 18 vorzunehmen.

Anstelle der wärmedämmenden Isolierung 20 oder zusätzlich zu dieser kann die in den Fig. 3a und 3b dargestellte Strahlungsisolierung 30 vorgesehen werden. Diese besteht aus zahlreichen Lamellen 31, die einzeln bewegbar sind und wahlweise in die in Fig. 3a dargestellte Öffnungsstellung oder in die in Fig. 3b dargestellte Schließstellung gebracht werden können, in der sie einen geschlossenen Ring bilden. Die Lamellen 31 sind strahlungsreflektierend und ihr Zweck besteht darin, die vom inneren Behälter 10 abgestrahlte Wärme zurückzuwerfen. Durch thermostatische Regelung können die Lamellen 31 auch auf Zwischenstellungen so eingestellt werden, daß im Behandlungsraum eine gewünschte Temperatur eingehalten wird. Anstelle des in Fig. 3 dargestellten Strahlungsschirms, bei dem die Lamellen einzeln schwenkbar sind, kann auch ein Strahlungsschirm verwendet werden, bei dem die Lamellen einander überlappend linear bewegbar sind.

Durch Regelung der Energieabfuhr vom inneren Behälter 10 auf den äußeren Behälter 18 (entweder durch Konvektionsströmung oder durch Wärmestrahlung) kann die Temperatur im Behandlungsraum auf einem gewünschten Wert gehalten werden. Eine solche Temperaturregelung ist auch möglich, indem der Druck im Zwischenraum 19 variiert wird.

Bei der Niedrigtemperatur-Betriebsart wird die Behandlungsvorrichtung als Heißwandofen betrieben, bei hohen Betriebstemperaturen jedoch als Kaltwandofen.

#### Patentansprüche

1. Plasma-Behandlungsvorrichtung mit einem an eine Vakuumpumpe (15) angeschlossenen vakuumfesten ersten Behälter (10) zur Aufnahme von Werkstücken (11), einer an dem Werkstück zu befestigenden Elektrode (12), einer Gegenelektrode und einer Gasquelle (16) zum Einleiten von Behandlungsgas in den ersten Behälter (10), dadurch gekennzeichnet, daß der erste Behälter (10) von einem vakuumfesten zweiten Behälter (18) umgeben ist und daß der Zwischenraum (19) zwischen beiden Behältern (10, 18) evakuierbar ist.
2. Plasma-Behandlungsvorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Zwischenraum

(19) eine wärmedämmende Isolierung (20) enthält.

3. Plasma-Behandlungsvorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß der Zwischenraum (19) zur Konvektionsisolierung mit einer Umwälzeinrichtung (22) versehen ist.

5

4. Plasma-Behandlungsvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 – 3, dadurch gekennzeichnet, daß der Zwischenraum (19) eine Strahlungsisolierung (30) enthält.

5. Plasma-Behandlungsvorrichtung nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Strahlungsisolierung (30) aus relativ zueinander verstellbaren Lamellen (31) besteht.

6. Plasma-Behandlungsvorrichtung nach einem der Ansprüche 2 – 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Isolierung in Abhängigkeit von der Temperatur im ersten Behälter (10) geregelt ist.

7. Plasma-Behandlungsvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 – 6, dadurch gekennzeichnet, daß der Zwischenraum (19) an eine Absaugvorrichtung (27) angeschlossen ist.

20

8. Plasma-Behandlungsvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 – 7, dadurch gekennzeichnet, daß eine Heizvorrichtung (21) in dem Zwischenraum (19) angeordnet ist.

25

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

30

35

40

45

50

55

60

65

— Leerseite —

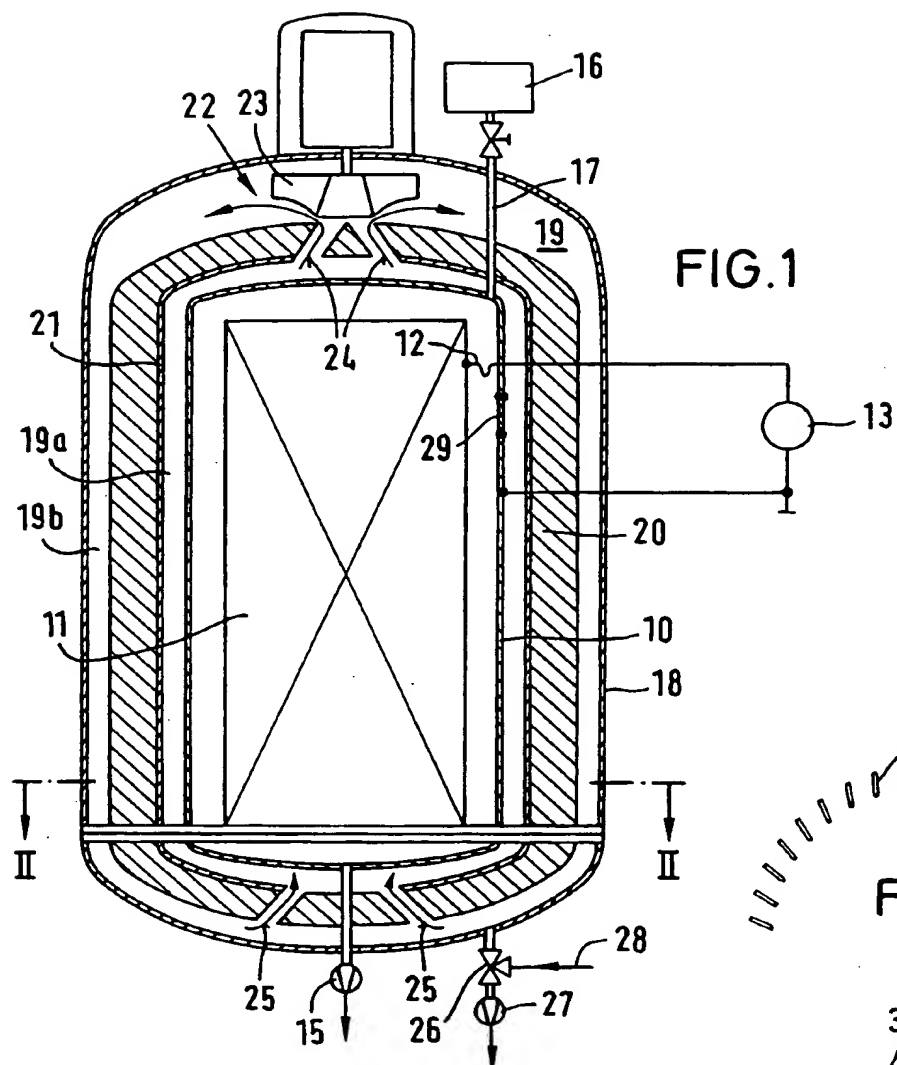


FIG. 1

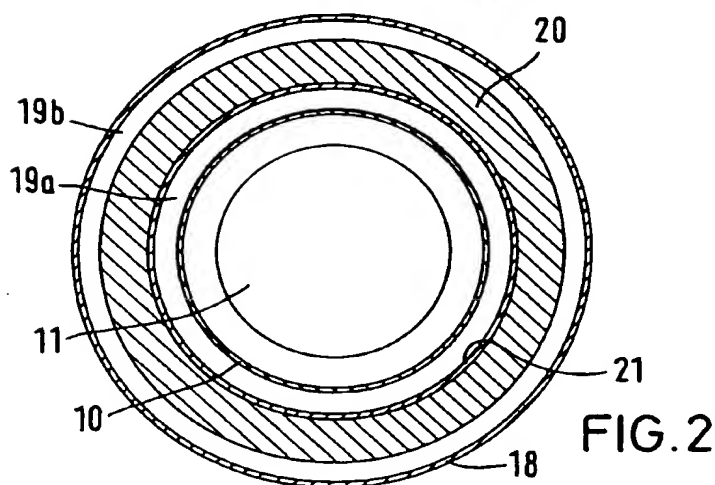


FIG. 2

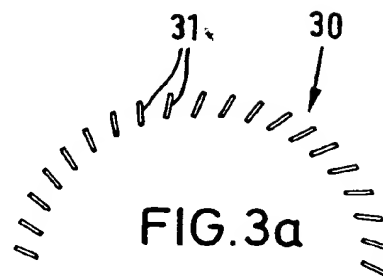


FIG. 3a

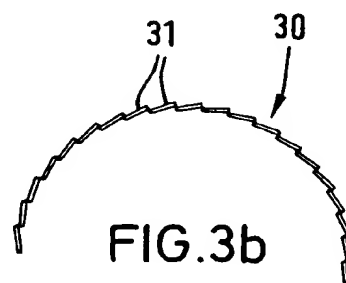


FIG. 3b